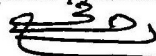


0-794193

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

На правах рукописи



Яссер Хассан Мохамед Мохамед

ВЗАИМОДЕЙСТВУЮЩИЕ ГАЛАКТИКИ НА  $z \sim 1$

Специальность 01.03.02 – астрофизика и звездная астрономия

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата физико-математических наук

Санкт-Петербург – 2012

Работа выполнена на кафедре астрофизики  
математико-механического факультета  
Санкт-Петербургского государственного университета

Научный руководитель: доктор физико-математических наук, профессор  
Решетников Владимир Петрович

Официальные оппоненты: доктор физико-математических наук  
Сильченко Ольга Касьяновна  
зав. отделом Государственного астрономического  
института имени П.К. Штернберга МГУ  
имени М.В. Ломоносова

кандидат физико-математических наук, доцент  
Никифоров Игорь Иванович  
доцент кафедры небесной механики  
математико-механического факультета СПбГУ

Ведущая организация: Главная (Пулковская) Астрономическая  
Обсерватория

Защита состоится 10 апреля 2012 г. в 15 ч. 30 м. на заседании диссертационного совета Д 212.232.15 по защите докторских и кандидатских диссертаций при Санкт-Петербургском государственном университете по адресу: 198504, Санкт-Петербург, Старый Петергоф, Университетский пр., 28, ауд. 2143 (математико-механический факультет).

С диссертацией можно ознакомиться в Научной библиотеке им. М. Горького Санкт-Петербургского государственного университета по адресу: 199034, Санкт-Петербург, Университетская наб., 7/9.

Автореферат разослан

" 28 " февраля 2012 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета

НАУЧНАЯ БИБЛИОТЕКА КФУ



0000792781

Орлов В.В.

## Введение

Гравитационное взаимодействие с окружением (другими галактиками, межгалактической средой) является одним из основных факторов эволюции галактик. В настоящую эпоху взаимодействия и слияния относительно редки и в состав взаимодействующих систем входит не более 5-10% галактик. В прошлом такие процессы, по-видимому, были гораздо более интенсивными. Это подтверждается как прямым изучением морфологии далеких объектов, так и разного рода статистическими исследованиями выборок галактик на разных красных смещениях  $z$ .

Детальное изучение далеких взаимодействующих галактик стало возможным лишь в последние два десятилетия, благодаря, в первую очередь, работе Космического телескопа Хаббла (HST), позволяющего получать изображения слабых галактик с высоким разрешением, и крупнейшим наземным оптическим телескопам, используемым для спектроскопии галактик. В настоящей работе исследуются два класса далеких взаимодействующих галактик – галактики с крупномасштабными приливными структурами, легко различимыми на оптических изображениях, и галактики типа M 51 (спиральные галактики со спутником вблизи конца спиральной ветви).

Приливные структуры галактик были замечены уже очень давно. Первое упоминание о них было сделано около двухсот лет назад. Вильям Гершель был первым, кто описал несколько двойных систем слабых туманностей и отметил, что некоторые из туманностей связаны тонкими полосками светящегося вещества [1]. В 1972 году Тумре и Тумре [2] посредством численного моделирования показали, что такие экзотические структуры можно естественным образом объяснить приливными искажениями гравитационно взаимодейству-

ющих галактик.

Приливные структуры имеют, как правило, низкую поверхностную яркость и их сложно выделять у далеких галактик. Однако, как показало моделирование их видимости на разных красных смещениях [3], при наблюдениях на Космическом телескопе Хаббла с длинными экспозициями, которые используются при наблюдениях глубоких полей, приливные образования остаются видимыми вплоть до  $z \sim 1$ . Прямое изучение галактик с приливными хвостами в северном и южном глубоких полях Хаббла подтвердило этот вывод (например, [4]).

Одним из первых, кто привлек внимание к интересному классу двойных систем, состоящих из большой спиральной галактики и относительно небольшого спутника около конца спирального рукава, был Б.А. Воронцов-Вельяминов. Он нашел 160 таких систем, многие из них он включил в свой «Атлас взаимодействующих галактик» [5]. Галактики типа М 51 оказались настолько многочисленными, что Воронцов-Вильяминов предположил, что эти галактики не являются результатом случайной проекции, но являются физически связанными системами. Другой пионер изучения взаимодействующих галактик – Х. Арп – также обратил внимание на этот специфический вид двойных галактик и включил 54 такие системы в свой «Атлас пекулярных галактик» [6].

Несмотря на то, что они давно известны, галактики типа М 51 остаются относительно малоизученными объектами. Прототип – галактика М 51 – многократно и детально наблюдалась и моделировалась, однако такие объекты как класс остаются почти неисследованными.



## **Общая характеристика работы**

### **Актуальность работы**

Согласно современным представлениям, образование галактик – длительный процесс, в ходе которого они эволюционируют под влиянием как внутренних (развитие разного рода неустойчивостей, медленная динамическая эволюция), так и внешних факторов. Одним из таких важнейших факторов является гравитационное взаимодействие между галактиками, их слияние, аккреция вещества.

В настоящее время накопились большое количество новых данных о близких взаимодействующих галактиках, однако такие данные о далеких объектах явно недостаточны. Актуальность проблемы определяется необходимостью создания и исследования больших выборок галактик разных типов на различных красных смещениях для наблюдательной проверки современных моделей формирования и эволюции галактик.

### **Цели и задачи работы**

Основной целью настоящей работы является изучение двух типов взаимодействующих галактик – галактик с приливными структурами и галактик типа M51 – на красном смещении  $z \sim 1$ . Для решения этой задачи необходимо составить выборки объектов этих типов и выполнить их анализ.

### **Научная новизна**

На основе анализа архивных кадров ряда глубоких полей Космического телескопа Хаббл (HDF-N, HDF-S, HUDF, GOODS, GEMS) составлены новые выборки далеких галактик с приливными структурами (875 галактик) и

галактик типа М 51 (78 объектов). В ходе работы были просмотрены изображения нескольких десятков тысяч галактик, из которых в каталог включено около тысячи. Все галактики отождествлены с известными списками галактик, найдены видимые звездные величины и красные смещения. Впервые изучены геометрические характеристики приливных структур близких и далеких взаимодействующих галактик, показано, что далекие галактики имеют, в среднем, более короткие приливные хвосты. На основе анализа встречаемости взаимодействующих галактик в глубоких полях сделан вывод о росте их пространственной плотности с увеличением красного смещения.

### **Научная и практическая ценность**

Научная и практическая ценность работы состоит в том, что она содержит обширный наблюдательный материал по близким и далеким взаимодействующим галактикам, который может быть использован при решении широкого круга задач, связанных с изучением взаимодействия и эволюцией галактик.

### **Основные результаты и положения, выносимые на защиту**

1. Новая выборка галактик с приливными структурами и галактик типа М 51 в 5 глубоких полях Космического телескопа Хаббл.
2. Анализ геометрических характеристик приливных хвостов близких и далеких взаимодействующих галактик, вывод о меньшей наблюдаемой длине приливных структур у далеких галактик.
3. Вывод о росте с красным смещением пространственных плотностей галактик с приливными структурами и галактик типа М 51.

## **Апробация результатов**

Основные результаты данной работы представлялись на семинаре кафедры космических технологий и прикладной астродинамики факультета прикладной математики – процессов управления СПбГУ, на семинаре кафедры астрофизики математико-механического факультета СПбГУ, на семинаре астрофизических подразделений ГАО РАН, на международной студенческой конференции “Science and progress” (С.-Петербург, 14–18 ноября 2011).

## **Структура работы**

Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения, списка цитируемой литературы, содержащего 103 наименования и двух приложений, содержит 17 рисунков и 2 таблицы. Общий объем диссертации 98 страниц.

Во **Введении** отражена краткая история проблемы, ее актуальность, цели исследования, основные положения, выносимые на защиту, показана их научная новизна, кратко представлено содержание диссертации.

В **Главе 1** выполнен визуальный анализ морфологии галактик в нескольких сверхглубоких площадках (HDF-N, HDF-S, HUDF, GOODS, GEMS), наблюдавшихся на Космическом телескопе Хаббл. Составлены списки галактик с приливными структурами (хвостами, перемычками) и галактик типа M 51 в этих глубоких полях. Для большинства выделенных объектов по литературным данным найдены фотометрические характеристики и оценки красных смещений. В трех площадках (HDF-N, HDF-S, HUDF) в сумме найдены 29 кандидатов в галактики типа M 51 и 381 галактика с приливными структурами. В областях каждого из проектов GOODS и GEMS выделено более двух сотен взаимодействующих галактик.

В **Главе 2** приведены результаты анализа геометрических характеристик приливных хвостов близких и далеких взаимодействующих галактик. Выборка близких объектов включает более двухсот галактик, а далеких – около семисот. Далекие галактики были отобраны в нескольких глубоких полях Космического телескопа Хаббл (HDF-N, HDF-S, HUDF, GOODS, GEMS), и они находятся на среднем красном смещении  $\langle z \rangle = 0.65$ .

Проанализированы распределения длин и толщин приливных образований и показано, что хвосты у далеких галактик выглядят короче, чем у близких. Отчасти этот эффект может быть связан с эффектами селекции, но, с другой стороны, он, возможно, является следствием общей эволюции размеров спиральных галактик с  $z$ .

Показано, что положение взаимодействующих галактик на плоскости “свeticость галактики ( $L$ ) – длина приливного хвоста ( $l$ )” объясняется простой геометрической моделью, причем верхняя огибающая наблюдаемого распределения имеет вид  $l \propto \sqrt{L}$ .

В предположении, что приливные хвосты являются дугами окружностей, видимых под произвольными углами к лучу зрения, решена задача о связи наблюдаемого распределения сжатий хвостов с их длиной в угловой мере. Сделан вывод, что угловая длина приливных хвостов, визуально выделяемых у близких и далеких галактик, в среднем, превышает  $180^\circ$ .

В **Главе 3** приведены результаты анализа встречаемости галактик с приливными хвостами и галактик типа М51 в нескольких глубоких полях Космического телескопа Хаббл. В сумме в этих площадках найдено около семисот взаимодействующих галактик с красным смещением  $z \leq 1.5$ .

Показано, что при  $z \leq 0.7$  наблюдаемые пространственные плотности



галактик с приливными структурами и галактик типа М51 увеличиваются  $\propto (1+z)^m$ , где  $m \approx 2.6$ . Согласно приведённым оценкам, за последние 6–7 млрд. лет, то есть при  $z \leq 0.7$ , примерно треть галактик с  $M(B) \leq -18^m$  должны были испытать сильные гравитационные возмущения и слияния, а  $\sim 1/10$ – $1/5$  галактик поглотили относительно маломассивные близкие спутники, типичные для галактик типа М51. Возможное уменьшение с ростом  $z$  шкалы времени, в течение которой далекая галактика выглядит пекулярной, может значительно увеличить оценки темпа слияний.

В **Заключении** произведено краткое обсуждение результатов изучения взаимодействующих галактик на  $z \sim 1$  и перечислены основные выводы диссертационной работы.

В **Приложении А** приведен каталог взаимодействующих галактик (галактик с приливными структурами и галактик типа М51) в рассмотренных глубоких полях КТ Хаббл.

В **Приложении В** представлены измеренные в работе характеристики приливных структур и объектов типа М51.

## Список литературы

- [1] Еремеева А.И., Вселенная Гершеля, М., Наука, 1966.
- [2] Toomre A., Toomre J., *Astrophys. J.*, **178**, 623, 1972.
- [3] Hibbard J.E., Vacca W.D., *Astron. J.*, **114**, 1741, 1997.
- [4] Reshetnikov V.P., *Astron. Astrophys.*, **353**, 92, 2000.

[5] Воронцов-Вельяминов Б.А., Атлас и каталог 356 взаимодействующих галактик, М., МГУ, 1959.

[6] Arp H., Atlas of Peculiar Galaxies, Pasadena, California Inst. Technology, 1966.

## **Список публикаций автора по теме диссертации**

Основные результаты диссертации изложены в следующих работах:

1. Я.Х. Мохамед, В.П. Решетников, "Взаимодействующие галактики в глубоких полях Космического телескопа Хаббл", *Астрофизика*, 2011, Т.54, N.2, С.181-187.

2. Я.Х. Мохамед, В.П. Решетников, Н.Я. Сотникова, "О характеристиках приливных структур взаимодействующих галактик", *Письма в Астрон. журн.*, 2011, Т.37, N.10, С.730-739.

3. В.П. Решетников, Я.Х. Мохамед, "Статистика взаимодействующих галактик на  $z \sim 0.7$ ", *Письма в Астрон. журн.*, 2011, Т.37, N.11, С.803-810.

4. Y.H. Mohamed, "Interacting galaxies at  $z \sim 0.7$ ", *Conference Abstracts, International Student Conference "Science and progress", St. Petersburg – Peterhof, November 14-18, 2011, P. 61.*

## **Личный вклад автора**

В работе [1] автором выполнен сбор наблюдательных данных. Интерпретация результатов произведена совместно. В работах [2] и [3] автором произведена обработка наблюдательного материала, интерпретация осуществлена совместно.

---

Подписано к печати 21.02.12. Формат 60 × 84 <sup>1</sup>/<sub>4</sub> .  
Бумага офсетная. Гарнитура Таймс. Печать цифровая. Печ. л. 1,00.  
Тираж 100 экз. Заказ 5280.

---

Отпечатано в Отделе оперативной полиграфии юридического факультета СПбГУ  
198504, Санкт-Петербург, Старый Петергоф, Университетский пр., 26  
Тел.: (812) 428-4043, 428-6919

